TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA

"Exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes: comparación de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies"

Tesis para optar el grado académico de:

Maestro en Estomatología

Presentado por:

Renzo Martin Laguna Vargas (0009-0009-7881-3750)

Asesora:

Yolanda Natali Raico Gallardo (0000-0001-7893-7029)

Lima – Perú

2026

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 09 de septiembre de 2026.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Esp. PEDRO LUIS TINEDO LOPEZ
Miembro 1: Mg. Esp. KATHERINE JOSELYN ATOCHE SOCOLA
Miembro 2: Dra. Esp. ROCIO GENG VIVANCO

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "PRECISIÓN IN VITRO DE RESTAURACIONES PROVISIONALES SOBRE IMPLANTES: COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE FABRICACIÓN ADITIVA Y SEIS SUPERFICIES" con código de proyecto: POS-53-2024-00563.

Presentada por el egresado:

- RENZO MARTIN LAGUNA VARGAS

Para optar el Grado Académico de Maestro en Estomatología

Asesorada por: Dra. Esp. YOLANDA NATALI RAICO GALLARDO

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante del posgrado de Estomatología en la sustentación, se concluyen de:
Manera unánime (X)
Por mayoría ( )

Calificar a:

Tesista: RENZO MARTIN LAGUNA VARGAS		Nota (en letras): 16 (dieciséis)	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



_____

Mg. Esp. PEDRO LUIS TINEDO LOPEZ
Presidente del Jurado
DNI. 45159119



_____

Dra. Esp. ROCIO GENG VIVANCO
Miembro 2
DNI. 70506620



_____

Mg. Esp. KATHERINE JOSELYN ATOCHE SOCOLA
Miembro 1
DNI. 71414311



_____

Dra. Esp. YOLANDA NATALI RAICO GALLARDO
Asesora
DNI. 45347145

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (versión 2.0) [1]

Lima, 14 de SETIEMBRE del 2026

Señor,
PERCY MAYTA TRISTAN
Vicerrector de Investigación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Los abajo firmantes – [nombres y firmas de todos los tesistas], estudiante(s)/egresado(s) del Programa académico de [nombre] de la Universidad Científica del Sur, y el asesor/la asesora de tesis [nombre] – declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado "[título del informe]", que presentamos para optar el título profesional/grado académico de [nombre], es original.

En consecuencia, declaramos que el informe no contiene plagio ni total ni parcial; que, cuando se utilizó información de fuentes externas, se reconoció su autoría mediante la citación correspondiente; y que los resultados obtenidos son producto íntegro de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo ello en cumplimiento del Código de ética en la Investigación, Reglamento de Disciplina de Pregrado y Posgrado, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Declaramos, además, que no se han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA) generativa, de forma parcial ni total, en ninguna fase del desarrollo de la investigación ni en la redacción del informe final de tesis/trabajo de investigación. Sí declaro haber utilizado herramientas de IA no generativa para [describir el uso específico: p. e., corrección ortográfica y de estilo, gestión de referencias, traducción, etc.], conforme a la normativa de la Universidad [3]. Todo el material ha sido revisado por el/los autor(es), quien(es) asume(n) la responsabilidad de su contenido.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, uso indebido de IA generativa o uso no declarado de IA, nos sometemos al proceso de investigación que establezca la Universidad y aceptamos las sanciones que pudieran corresponder. También declaramos conocer las normativas institucionales que regulan las sanciones aplicables en estos casos, incluido el de la compra y venta de tesis.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

Firma tesista	**Firma del asesor de tesis**
DNI: 74406987	**DNI: 45347145**

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/3652
[3] GEA-GIE-POL-05 Política del uso de inteligencia artificial

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes: comparación de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies.

Autores. Renzo Martin Laguna Vargas.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 3074360296).

Código de registro. POS-53-2024-00563.

Resultado de la evaluación. 9%.

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	7%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	www.mdpi.com Fuente de Internet	1%
3	Yolanda Natali Raico Gallardo, Banu Karayazgan, Eduardo Mukai, Claudio Peña Soto, Cortino Sukotjo, Gabriel Nima. "Accuracy of fused deposition modeling using biodegradable material: A comparative study with four resin-based additive manufacturing methods", Journal of Dentistry, 2025 Publicación	1%
4	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	1%
5	Stavros Karathanasis. "Volatile Organic Compounds Selection for Incorporation in Photochemical Mechanisms and the Development of Secondary Pollution Reduction Strategies", Water Air & Soil Pollution Focus, 04/2009 Publicación	1%
6	repositorio.upct.es Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA

"Exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes: comparación de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies"

Tesis para optar el grado académico de:

Maestro de Estomatología

Presentado por:

Renzo Martin Laguna Vargas (0009-0009-7881-3750)

Asesora:

Yolanda Natali Raico Gallardo (0000-0001-7893-7029)

Lima – Perú

2026

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

Esta etapa representa el cierre de un gran aprendizaje y esfuerzo, el cual quiero dedicarlo a mi esposa, quien estuvo a mi lado en todo este proceso. Gracias por tu paciente, por comprender las largas horas de estudio, por darme ese aliento tan necesario y compartir la alegría de cada pequeño avance, tu apoyo fue una de mis mayores motivaciones. Y a mi hijo que ha sido una de mis mayores razones para seguir creciendo personal y profesionalmente, todo esto es pensado en ti. pequeño avance. Tu apoyo fue una de las mayores motivaciones para no rendirme.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesora, la Dra. Natali Raico, por su apoyo y acompañamiento de principio a fin en la elaboración de este trabajo. Agradezco su paciente, el tiempo dedicado y sus importantes observaciones que me ayudaron a mejorar esta investigación y a seguir creciendo tanto en lo académico como en lo personal.

Mi mayor estima a la Dra. Roxana López, por compartir su experiencia y conocimiento. Sus valiosos aportes y recomendaciones enriquecieron este estudio y representaron una importante oportunidad de aprendizaje.

Agradezco a la Universidad Científica del Sur y a los docentes de la Maestría por brindar una formación basada en el rigor científico, el pensamiento crítico y la búsqueda constante de la excelencia académica. Cada enseñanza recibida contribuyó a consolidar las competencias necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, colaboraron en las diferentes etapas de este estudio, ya sea mediante su orientación, apoyo técnico o disposición para contribuir al desarrollo de la investigación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE

		Pág.
	Título	1
	Resumen	2
	Abstract	3
	Versión en inglés	
I.	Introduction	4
II.	Materials y methods	6
III.	Results	8
IV.	Discussion	10
V.	Conclusions	13
	Versión en español	
I.	Introducción	15
II.	Materiales y métodos	15
III.	Resultados	17
IV.	Discusión	21
V.	Conclusiones	27
VI.	Referencias bibliográficas	28
VII.	Anexos	33

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ARTÍCULO ORIGINAL ENVIADO A PUBLICAR

Exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes: comparación de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies

In vitro accuracy of interim implant restorations: a comparison of two additive manufacturing methods and six surfaces

Renzo Martin Laguna Vargas, DDS [1], Jorge Omar Espinoza Quispe, DDS [2], Roxana Patricia López-Ramos, DDS, PhD [3], Yolanda Natali Raico Gallardo, DDS, PhD [4,*]

[1] Master's candidate, School of Dentistry, Universidad Científica del Sur (UCSUR), Lima, Peru; renzolagunav@gmail.com

[2] Independent Researcher, Lima, Peru; j.omar.espinoza.q@gmail.com

[3] Professor of the master's program, School of Dentistry, Universidad Científica del Sur (UCSUR), Lima, Peru; rlopezr@cientifica.edu.pe

[4] Assistant Professor, Department of Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Pittsburgh, USA; and Professor, Laboratory of Innovation in Digital Dentistry, Universidad Científica del Sur (UCSUR), Lima, Peru; YNG3@pitt.edu

Correspondencia: Yolanda Natali Raico Gallardo

Correo: yng3@pitt.edu.pe

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

Financiamiento: Este estudio no recibió financiamiento externo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

Introducción: La fabricación aditiva se ha incorporado de manera creciente a los flujos de trabajo digitales para la elaboración de restauraciones provisionales implantosoportadas. Sin embargo, la evidencia disponible sobre la precisión tridimensional de las distintas tecnologías de impresión, especialmente a nivel de superficies anatómicas específicas, sigue siendo limitada. Este estudio *in vitro* tuvo como objetivo evaluar la exactitud tridimensional de restauraciones provisionales implantosoportadas fabricadas mediante las tecnologías de procesamiento digital por luz (DLP) y pantalla de cristal líquido (LCD), considerando seis superficies anatómicas.

Métodos: Se diseñó una restauración de referencia mediante software CAD y se exportó como un archivo STL, utilizado como conjunto de datos de referencia. Se fabricaron veinte especímenes mediante impresión 3D (n = 10 por grupo), los cuales fueron digitalizados con un escáner intraoral y posteriormente superpuestos al modelo de referencia utilizando un software de metrología. Las desviaciones se cuantificaron mediante el valor de la raíz del error cuadrático medio (RMS, µm). El análisis estadístico incluyó la prueba *t* de Student y un ANOVA de dos vías, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Resultados: La veracidad promedio fue de **58,71 ± 2,82 µm** para el grupo DLP y de **57,88 ± 4,59 µm** para el grupo LCD, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambos ($p = 0,632$). En cuanto a la precisión, los valores obtenidos fueron **53,71 ± 2,87 µm** para DLP y **56,88 ± 4,59 µm** para LCD ($p = 0,099$). No se observaron diferencias significativas en la veracidad global entre ambas tecnologías ($p > 0,05$). No obstante, se identificaron diferencias significativas según la superficie evaluada

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

($p < 0,001$). El grupo DLP presentó mayores desviaciones en las superficies interna (intaglio) y marginal.

Conclusión: Aunque la veracidad global fue comparable entre las tecnologías LCD y DLP, las restauraciones fabricadas mediante LCD mostraron menores desviaciones en regiones críticas para la adaptación clínica de la restauración, como las superficies interna y marginal.

Palabras clave: fabricación aditiva; impresión 3D; restauración provisional implantosoportada; veracidad; precisión; odontología digital.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

Background: Additive manufacturing is increasingly integrated into digital workflows for interim implant-supported restorations, however evidence regarding surface-specific accuracy among printing technologies remains limited. This in vitro study evaluated the three-dimensional accuracy of interim implant-supported restorations fabricated using digital light processing (DLP) and liquid crystal display (LCD) across six anatomical surfaces.

Methods: A reference restoration was generated using CAD software and exported as an STL file (reference dataset). Twenty specimens were additively manufactured (n = 10 per group), digitized with an intraoral scanner, and superimposed onto the reference dataset using metrology software. Deviations were quantified using root mean square values (µm). Statistical comparisons were performed with Student's t-test, two-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test ($\alpha = 0.05$).

Results: The mean trueness was 58.71 ± 2.82 µm for DLP and 57.88 ± 4.59 µm for LCD, with no statistically significant difference ($p = .632$). Precision values were 53.71 ± 2.87 µm for DLP and 56.88 ± 4.59 µm for LCD ($p = .099$). No significant differences in overall trueness were observed between DLP and LCD ($p > 0.05$). However, significant surface-dependent deviations were detected ($p < 0.001$). DLP demonstrated greater discrepancies in the intaglio and marginal areas.

Conclusion: Although no significant differences in overall trueness were observed between the LCD and DLP groups, the LCD group exhibited lower deviations in regions critical for restoration adaptation.

Keywords: Additive manufacturing; 3D printing; implant-supported interim restoration; trueness; precision; digital dentistry.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VERSIÓN EN INGLÉS

I. INTRODUCTION

The fabrication of interim implant-supported restorations is critical for maintaining gingival health, preserving edentulous space integrity, and guiding the design of the definitive restoration [1–3]. In implant dentistry, these provisional restorations also contribute to peri-implant tissues conditioning and the establishment of optimal soft tissue architecture [4–6]. While osseointegration has traditionally received primary attention, the careful management of peri-implant soft tissue contours has emerged as an equally important determinant of long-term esthetic and functional outcomes [7-9].

Additive manufacturing (AM) technologies have become increasingly integrated into dentistry, enabling more efficient fabrication of restorations and gradually replacing conventional methods [1,10]. These systems offer several advantages, including reduced production time, high precision and improved esthetic outcomes [1,11]. In addition, AM has expanded opportunities for research, education, and clinical training through the development of digital and hands-on learning approaches [12-14]. Digital light processing (DLP) and liquid crystal display (LCD) 3D are AM technologies that use photopolymer resins that are polymerized layer by layer using ultraviolet (UV) light [15-16]. These technologies offer speed, precision, and the capability to produce customized implant-supported restorations for clinicians through cost-effective workflows [17]. However, challenges remain, particularly during the post-processing phase, where inaccuracies may be introduced into the final restorations [18], leading to potential cytotoxicity to surrounding tissues [15]. Consequently, proper training is essential for the safe and effective use of these technologies [19,20].

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Ti-bases are prefabricated abutments designed to support digitally fabricated implant-supported restorations by providing adequate retention and stability [21,22]. However, their complex retentive geometries may present challenges for AM technologies in accurately reproducing the intaglio area, as polymerization shrinkage and minor dimensional deviations can compromise the fit and retention of the final restoration [23]. Limited evidence exists comparing DLP and LCD technologies specifically in interim implant-supported restorations with surface-level accuracy analysis, particularly in intaglio and marginal regions critical for clinical adaptation. Therefore, this study aimed to compare the accuracy of interim implant-supported restorations among six surfaces using two additive manufacturing methods (DLP and LCD). The null hypothesis was that no significant differences would be observed between the two techniques (DLP and LCD), whereas the alternative hypothesis proposed that variations in accuracy could be detected among the 6 surfaces.

II. METHODS

An interim implant-supported restoration was designed using a dental software program (DentalCAD, exocad GmbH, Germany) representing an abutment of a posterior dental implant (RC 4.1 x 5.5, Institut Straumann, Switzerland). The design was exported in standard tessellation language (STL) file to serve as the reference and fabricated using two AM technologies: DLP and LCD. Sample size calculation was conducted using a software program (G*Power version 3.1.9.6; Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf) to ensure statistical adequacy. The analysis performed with an effect size of 0.69, a minimum statistical power of 80%, and α=.05, determined that 10 specimens per group were required.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

For the DLP group the STL file was imported into the slicing software (Rayware, SprintRay, USA). Before the definitive printing, the printer was calibrated by fabricating several test crowns to evaluate the internal fit on the prefabricated abutment. Once calibrated, 10 crowns were printed simultaneously with an offset of 150 µm. Printing was performed using a 3D printer (Pro55 S, SprintRay, USA) with a temporary restorative resin (VarseoSmile Temp, BEGO GmbH & Co. KG, Germany) with the occlusal surface oriented parallel to the building platform. Following printing, specimens were cleaned using the Pro Wash/Dry system (SprintRay, USA) with 96% isopropyl alcohol through a standard two-stage wash and drying cycle for 10 minutes. Once fully dried and free of resin residues, the specimens underwent photopolymerization in a UV curing chamber (PROCure 1, SprintRay, USA), for 10 minutes, following the manufacturer's recommendations.

For the LCD group, the STL file was imported into slicing software (Chitubox, CBD-Tech, China) and configured for the 3D printer (Phrozen Mini 8K S, Phrozen Technology, Taiwan) using a temporary restorative resin (Prizma Bio Prov, NextDent, Netherlands). Before the definitive fabrication, the printer was calibrated by producing several test crowns to evaluate the internal fit on the prefabricated abutment. Once calibration was completed, 10 restorations were fabricated. Printing parameters included a layer thickness of 0.05 mm, an exposure time of 5 seconds per layer, and 8 base layers with 40 seconds of exposure using a linear transition. The total printing time was 1 hour. After printing, the 10 temporary crowns were washed with 99% isopropyl alcohol for 10 minutes using the Phrozen Wash & Cure Kit (Phrozen Technology, Taiwan). Once fully dried and free of resin residues, the specimens underwent photopolymerization in the same chamber for 20 minutes, following the manufacturer's recommendations.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

A total of 20 specimens were fabricated with a layer thickness of 50 µm. The finishing procedure included removal of the support structures with tungsten burs at a constant speed of 7000 rpm. Subsequently, airborne-particle abrasion was performed with 50 µm aluminum oxide at 2 bar pressure for 10 seconds at an approximate distance of 10 mm, using a unidirectional motion. All procedures were performed by same operator (RMLV) to ensure standardization. Finally, the samples were stored in a hermetic container. The trade names, manufacturers, and compositions of the materials and printer characteristics in the present study are presented in Table 1-2.

Three-Dimensional Evaluation

For digital analysis, each specimen was stabilized on the distal proximal surface by an instrument (OptraStick; Ivoclar AG, Liechtenstein) and scanned with an intraoral scanner (TRIOS 3, 3Shape, Denmark) by a single calibrated operator (YNRG) under standardized lighting conditions and at room temperature, following previously published protocols [24,25]. The scanning protocol started with the occlusal surfaces, followed by the axial surfaces and concluded with the intaglio area. Metrology software (Geomagic Control X, Oqton, USA) was used to evaluate accuracy. Six anatomical surfaces were selected for analysis (Fig. 1): functional cusp (FC), nonfunctional cusp (NFC), central fossa (CF), axial surfaces (AS), intaglio (I) and marginal (M). The 3D analysis involved aligning each printed mesh to the reference STL file using the best-fit algorithm applied only to the 6 previously selected anatomical surfaces, allowing optimal superimposition of corresponding points. Root mean square (RMS) error values were calculated to quantify the deviations between the reference and the printed meshes, expressed in micrometers (µm). Precision was assessed by calculating the standard deviation of the RMS values among specimens [26,27]. Additionally, color maps were generated using a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

0.1 mm threshold: green indicated no deviation, blue represented positive deviations and red indicated negative deviation.

Statistical Analysis

The normality of the data was assessed using the Shapiro-Wilk test (α=.05), which confirmed a normal distribution but indicated a lack of homogeneity of variances. Consequently, the data were analyzed using two-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey post hoc test (α=.05) to compare measurements among the six surfaces. Additionally, the Student´s t-test was used to evaluate differences between the two manufacturing methods in terms of trueness and precision. All the statistical analyses were performed using statistical software (STATA v18; StataCorp).

III. RESULTS

Tables 3 and 4 summarize the overall comparison between the DLP and LCD manufacturing methods, whereas Tables 5 and 6 present the results according to the 6 evaluated surfaces of each manufacturing method.

The Student t-test for overall comparisons revealed that the mean trueness (RMS) for the DLP technique was 58.71 µm, whereas the LCD technique achieved 57.88 µm, with no statistically significant difference between the two methods (p=.632) (Table 3). Regarding precision (SD), the DLP technique showed a mean value of 53.71 µm, compared with 56.88 µm for the LCD technique when assessing the overall STL model, with this difference also not being statistically significant (p =.099) (Table 4).

The two-way ANOVA test, followed by a Tukey post hoc analysis for interregional comparisons revealed different trueness patterns between the two AM technologies. For

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

both manufacturing methods, occlusal regions (FC, NFC, and CF) showed the lowest trueness, with significant differences between the DLP and LCD technologies on these surfaces (P >.05). In contrast, the intaglio (I) and marginal (M) regions demonstrated significantly greater trueness in the LCD group (30.87 µm and 26.69 µm, respectively), compared with the DLP group (49.35 µm and 43.63 µm, respectively) (P < .05). (Table 5).

Regarding precision, the two-way ANOVA test, followed by a Tukey post hoc analysis showed that the LCD group demonstrated significantly greater precision in the intaglio (I) (28.57 µm) and marginal (M) (24.49 µm) surfaces compared with the DLP group (35.92 µm and 42.35 µm, respectively) (P < .05). In contrast, the occlusal surfaces (FC, NFC, and CF) exhibited higher SD values, indicating lower precision. No significant differences were observed between the DLP and LCD groups for the FC and AS surfaces (P > .05). (Table 6).

Figure 2 presents the color map of a representative specimen for trueness. Positive deviations, represented in red, were mainly concentrated in the FC, NFC and CF surfaces. In contrast, the AS, I and M surfaces exhibited predominantly green areas, reflecting minimal deviations between the reference and printed restorations.

IV. DISCUSSION

This study assessed the accuracy of interim implant-supported restorations fabricated using two additive manufacturing methods. Overall, no statistically significant differences were observed between the DLP and LCD printing methods, supporting the null hypothesis. However, surface specific variations were detected, partially supporting the alternative hypothesis. The mean accuracy values for both AM methods were within

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

the clinically acceptable range of 50 – 100 µm for interim restorations reported by Kim *et al.* [28] and Alharbi *et al.* [29].

When restorations were analyzed according to anatomical regions, the intaglio and marginal surfaces exhibited less deviation values in the LCD group. This observation is consistent with the findings of Müller *et al.* [30], who emphasized that geometric complexity, printing orientation and support requirements critically influence accuracy. The intaglio is prone to resin accumulation and distortion, especially in implant-supported restorations where prefabricated abutments present complex geometries and retentive grooves, making accurate reproduction of these details more challenging [23]. In the present study, both manufacturing methods were calibrated before specimen fabrication, and test restorations were produced to verify adaptation to the prefabricated abutment. Therefore, the observed differences may be more closely associated with the manufacturing process itself rather than inadequate calibration or fit verification.

Occlusal surfaces exhibited greater deviations, which is consistent with previous studies [10,23]. In additively manufactured restorations, support structures may contribute to these deviations, particularly when the occlusal surface is oriented parallel to the building platform, a position often recommended to improve overall accuracy [31]. Although support removal was performed using standardized protocols, representative color maps of individual specimens revealed positive deviations (red areas) concentrated on the occlusal surfaces, suggesting the possible presence of residual effects associated with support removal. Clinically, these findings indicate that occlusal adjustments may be necessary during delivery to achieve appropriate adaptation and occlusal contacts.

Previous studies have suggested that DLP technology generally provides higher accuracy because each resin layer is polymerized simultaneously through a projected

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

LED light source [1,32]. In contrast, LCD systems use an LCD screen to selectively transmit UV light during polymerization [33]. Moon et al. [1] and Park et al. [32] reported superior outcomes for DLP systems; however, differences with LCD were minimal for small-scale structures, consistent with the present findings for single-unit interim restorations. These findings suggest that while DLP may offer advantages for complex or large-span restorations, LCD remains a suitable option for single-unit interim restorations, particularly in general practice settings where cost-effectiveness is relevant. In the present study both technologies demonstrated comparable overall trueness and precision within clinically acceptable ranges. Nevertheless, the LCD group exhibited greater variability on the occlusal surfaces, as reflected by the higher standard deviation values suggesting lower reproducibility in these regions, although it did not affect the overall clinically acceptable accuracy of the restorations.

From a clinical perspective, both AM methods provide restorations within the acceptable accuracy thresholds, ensuring marginal and occlusal adaptation compatible with peri-implant tissue stability and functional load distribution. The lower cost of LCD systems, combined with acceptable accuracy, may favor broader adoption in routine practice when appropriate calibration and processing protocols are followed. In addition, the distinction between closed and open printing systems should be considered, as closed systems offer greater control over materials and processing parameters [34], whereas open systems provide flexibility for material selection and patient-specific customization [16].

A strength of this study was the comparison of two additive manufacturing methods based on light polymerization for fabricating interim restorations. Differences in the printer systems, resin materials, slicing software, printing parameters, and post-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

processing protocols may have influenced the results. Limitations also included the absence of a subtractive manufacturing control group, often considered the gold standard, and the exclusion of proximal surfaces from the analysis. In addition, although both manufacturing methods were calibrated using test restorations to verify adaptation to the prefabricated abutment before specimen fabrication, marginal sealing and marginal gap measurements were not evaluated. Intraoral scanning was selected to simulate a clinically relevant workflow. Although digitizing the deep and retentive geometry of the intaglio surface of implant-supported restorations remains challenging with extraoral scanners, intraoral scanners may also introduce additional deviations, particularly related to the scanning strategy and acquisition of complex internal surfaces. To minimize this source of variability, all specimens were scanned using a standardized scanning protocol by the same experienced operator. Nevertheless, the potential influence of the scanning procedure on the observed deviations cannot be completely excluded. Furthermore, the findings are limited to single-unit interim implant-supported restorations and may not be directly extrapolated to multi-unit or full-arch rehabilitations. Future studies should evaluate a wider range of restorative materials and emerging printing technologies, as well as investigate marginal adaptation, clinical performance, and the response of peri-implant soft tissues under clinical conditions.

V. CONCLUSION

Based on the findings of this *in vitro* study, the following conclusions were drawn:

1. Both DLP and LCD additive manufacturing technologies demonstrated comparable accuracy for fabricating interim implant-supported restorations, with values within clinically acceptable ranges.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

2. The LCD group showed lower deviations in the intaglio and marginal surfaces compared with the DLP group.

3. Accuracy varied according to anatomical surface, with occlusal regions showing greater deviations and the intaglio and marginal regions demonstrating higher trueness and precision.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VERSIÓN EN ESPAÑOL

I. INTRODUCCIÓN

La fabricación de restauraciones provisionales implantosoportadas desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la salud gingival, la preservación de la integridad del espacio edéntulo y la orientación del diseño de la restauración definitiva [1–3]. En implantología, estas restauraciones temporales también favorecen el acondicionamiento de los tejidos periimplantarios y contribuyen al establecimiento de una arquitectura óptima de los tejidos blandos, aspectos esenciales para alcanzar resultados estéticos y funcionales predecibles a largo plazo [4–6]. Aunque tradicionalmente la atención se ha centrado en lograr una adecuada osteointegración, en la actualidad se reconoce que el manejo cuidadoso del contorno de los tejidos blandos periimplantarios es igualmente determinante para el éxito clínico y la estabilidad de los tratamientos implantológicos [7–9].

En este contexto, las tecnologías de fabricación aditiva (FA) se han incorporado progresivamente a la práctica odontológica, permitiendo optimizar los procesos de confección de restauraciones y reemplazar, en muchos casos, los métodos convencionales de elaboración [1,10]. Entre sus principales ventajas destacan la reducción del tiempo de fabricación, la elevada precisión y la posibilidad de obtener restauraciones con mejores resultados estéticos dentro de un flujo de trabajo completamente digital [1,11]. Asimismo, la fabricación aditiva ha ampliado las posibilidades de investigación, docencia y capacitación clínica, al facilitar el desarrollo de metodologías de aprendizaje tanto digitales como prácticas [12–14]. Dentro de estas tecnologías, el procesamiento digital por luz (Digital Light Processing, DLP) y la impresión mediante pantalla de cristal líquido (Liquid Crystal Display, LCD) representan dos de las alternativas más utilizadas para la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

impresión tridimensional de restauraciones dentales. Ambas emplean resinas fotopolimerizables que se solidifican capa por capa mediante la exposición a luz ultravioleta (UV) [15,16]. Estos sistemas destacan por su rapidez de fabricación, precisión dimensional y capacidad para producir restauraciones implantosoportadas personalizadas mediante flujos de trabajo digitales con una relación costo-beneficio favorable [17].

No obstante, pese a estas ventajas, aún existen desafíos asociados a su aplicación clínica. Uno de los aspectos más críticos corresponde a la fase de posprocesamiento, durante la cual pueden generarse alteraciones dimensionales que comprometan la exactitud de la restauración final [18]. Además, una polimerización insuficiente o un posprocesamiento inadecuado pueden dejar residuos de monómeros sin reaccionar, incrementando el riesgo de efectos citotóxicos sobre los tejidos circundantes [15]. Por ello, la correcta capacitación de los operadores y el cumplimiento de protocolos estandarizados de fabricación y posprocesamiento son factores indispensables para garantizar un uso seguro y predecible de estas tecnologías en la práctica clínica [19,20].

Las Ti-bases son pilares prefabricados diseñados para servir como soporte de restauraciones implantosoportadas fabricadas mediante flujos de trabajo digitales, proporcionando una retención adecuada y una conexión estable entre el implante y la restauración protésica [21,22]. No obstante, debido a la complejidad de sus geometrías retentivas, la reproducción precisa de la superficie interna (*intaglio*) mediante tecnologías de fabricación aditiva puede representar un desafío. Factores como la contracción por polimerización y pequeñas variaciones dimensionales durante el proceso de impresión pueden afectar el ajuste y la retención de la restauración definitiva [23]. A pesar del creciente uso de las tecnologías DLP y LCD en odontología digital, la evidencia que compara ambas específicamente en la fabricación de restauraciones provisionales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

implantosoportadas sigue siendo limitada. En particular, existe escasa información sobre su comportamiento en términos de exactitud a nivel de superficies anatómicas específicas, especialmente en las regiones intaglio y marginal, cuya precisión resulta determinante para lograr una adecuada adaptación clínica de la restauración.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar la exactitud tridimensional de restauraciones provisionales implantosoportadas fabricadas mediante dos tecnologías de fabricación aditiva (DLP y LCD), evaluando seis superficies anatómicas. Se planteó como hipótesis nula que no existirían diferencias significativas en la exactitud entre ambas técnicas de impresión, mientras que la hipótesis alternativa propuso que podrían observarse diferencias en la exactitud según las seis superficies analizadas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó una restauración provisional implantosoportada mediante un software de diseño dental (DentalCAD, exocad GmbH, Alemania), utilizando como referencia un implante de la región posterior (RC 4.1 × 5.5, Institut Straumann, Suiza). El diseño fue exportado en formato Standard Tessellation Language (STL), el cual se empleó como archivo de referencia para la fabricación de las restauraciones mediante dos tecnologías de fabricación aditiva: procesamiento digital por luz (DLP) y pantalla de cristal líquido (LCD). El tamaño de muestra se determinó mediante el programa G*Power versión 3.1.9.6 (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Alemania), con el propósito de garantizar una potencia estadística adecuada. Considerando un tamaño del efecto de 0,69, una potencia estadística mínima del 80 % y un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, se estableció la necesidad de incluir 10 especímenes por grupo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Para el grupo DLP, el archivo STL se importó al software de laminado RayWare (SprintRay, EE. UU.). Antes de la impresión definitiva, la impresora fue calibrada mediante la fabricación de varias coronas de prueba para verificar el ajuste interno sobre el pilar prefabricado. Tras completar la calibración, se imprimieron simultáneamente 10 coronas utilizando un offset de 150 µm. La fabricación se realizó con una impresora 3D Pro55 S (SprintRay, EE. UU.) empleando una resina provisional VarseoSmile Temp (BEGO GmbH & Co. KG, Alemania), orientando la superficie oclusal de forma paralela a la plataforma de impresión. Finalizada la impresión, las restauraciones se limpiaron mediante el sistema Pro Wash/Dry (SprintRay, EE. UU.) utilizando alcohol isopropílico al 96 %, siguiendo un ciclo estandarizado de lavado y secado de 10 minutos. Posteriormente, una vez eliminados los residuos de resina y completamente secas, las muestras fueron sometidas a un proceso de fotopolimerización en una cámara de curado ultravioleta PROCure 1 (SprintRay, EE. UU.) durante 10 minutos, conforme a las recomendaciones del fabricante.

Para el grupo LCD, el archivo STL se procesó mediante el software de laminado Chitubox (CBD-Tech, China) y se configuró para su impresión en una impresora Phrozen Mini 8K S (Phrozen Technology, Taiwán), utilizando la resina provisional Prizma Bio Prov (NextDent, Países Bajos). Al igual que en el grupo DLP, previamente se realizó la calibración del equipo mediante la fabricación de varias coronas de prueba para verificar el ajuste interno sobre el pilar prefabricado. Una vez completada esta etapa, se fabricaron 10 restauraciones. Los parámetros de impresión incluyeron un espesor de capa de 0,05 mm, un tiempo de exposición de 5 segundos por capa y 8 capas base con un tiempo de exposición de 40 segundos, empleando una transición lineal. El tiempo total de impresión fue de aproximadamente 1 hora. Tras la impresión, las restauraciones provisionales se sometieron a un proceso de lavado con alcohol isopropílico al 99 % durante 10 minutos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

utilizando el sistema Phrozen Wash & Cure Kit (Phrozen Technology, Taiwán). Una vez secas y libres de residuos de resina, las muestras fueron fotopolimerizadas en la misma cámara de curado durante 20 minutos, siguiendo las recomendaciones establecidas por el fabricante.

Se fabricaron un total de 20 especímenes, todos con un espesor de capa de 50 µm. El procedimiento de acabado consistió inicialmente en la eliminación de las estructuras de soporte utilizando fresas de tungsteno a una velocidad constante de 7000 rpm. Posteriormente, se realizó un arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 µm, aplicadas a una presión de 2 bares durante 10 segundos, manteniendo una distancia aproximada de 10 mm y un movimiento unidireccional constante. Todas las etapas del acabado fueron realizadas por un único operador (RMLV), con el fin de garantizar la estandarización del procedimiento. Finalmente, las restauraciones fueron almacenadas en un recipiente hermético hasta su evaluación. Las características de los materiales empleados, así como las especificaciones de las impresoras utilizadas en el estudio, se presentan en las Tablas 1 y 2.

Evaluación tridimensional

Para el análisis digital, cada espécimen fue estabilizado sobre su superficie proximal distal mediante un dispositivo de sujeción (OptraStick; Ivoclar AG, Liechtenstein) y posteriormente digitalizado con un escáner intraoral TRIOS 3 (3Shape, Dinamarca). Todas las digitalizaciones fueron realizadas por un único operador previamente calibrado (YNRG), bajo condiciones estandarizadas de iluminación y temperatura ambiente, siguiendo protocolos descritos en estudios previos [24,25]. El protocolo de escaneo comenzó con el registro de las superficies oclusales, continuó con las superficies axiales y finalizó con la superficie interna (intaglio). La evaluación de la exactitud tridimensional

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

se llevó a cabo mediante un software de metrología (Geomagic Control X; Oqton, EE. UU.). Se seleccionaron seis superficies anatómicas para el análisis (Figura 1): cúspide funcional (FC), cúspide no funcional (NFC), fosa central (CF), superficies axiales (AS), superficie interna (*intaglio*, I) y margen (M). El análisis tridimensional consistió en superponer la malla obtenida de cada restauración impresa con el archivo STL de referencia utilizando el algoritmo best-fit, restringido exclusivamente a las seis superficies anatómicas previamente definidas. El procedimiento permitió mejorar la correspondencia entre los puntos homólogos de ambos modelos. Para determinar las diferencias entre la restauración de referencia y cada espécimen, se calculó la raíz del error cuadrático medio (Root Mean Square, RMS), expresado en micrómetros (µm). A partir de estos resultados, se evaluó la veracidad (trueness), mientras que la precisión (precisión) se estableció mediante la desviación estándar de los valores de RMS obtenidos en cada grupo [26,27]. Adicionalmente, se elaboraron mapa de color con un umbral de 0,1 mm para visualizar las diferencias entre los modelos. En estas representaciones, el color verde correspondió a zonas con poca o ninguna variación respecto al modelo de referencia, el azul señaló desviaciones positivas y el rojo, desviaciones negativas.

Análisis estadístico

La distribución de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0,05$), cuyos resultados confirmaron la normalidad de la distribución, aunque evidenciaron falta de homogeneidad de varianzas. En consecuencia, se aplicó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA), seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05$), para comparar las mediciones obtenidas entre las seis superficies anatómicas evaluadas. Adicionalmente, se empleó la prueba *t* de Student para comparar ambos métodos de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

fabricación (DLP y LCD) en términos de veracidad y precisión. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software STATA versión 18 (StataCorp, EE. UU.).

III. RESULTADOS

Las Tablas 3 y 4 presentan la comparación global entre los métodos de fabricación mediante DLP y LCD, mientras que las Tablas 5 y 6 muestran los resultados obtenidos para cada una de las seis superficies anatómicas evaluadas en ambas tecnologías.

La comparación global realizada mediante la prueba *t* de Student mostró que la veracidad (RMS) promedio fue de 58,71 µm para el grupo DLP y de 57,88 µm para el grupo LCD, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos de fabricación ($p = 0,632$) (Tabla 3).

En relación con la precisión, expresada mediante la desviación estándar (SD) de los valores RMS, el grupo DLP presentó un promedio de 53,71 µm, mientras que el grupo LCD alcanzó 56,88 µm. Al igual que en la evaluación de la veracidad, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0,099$) (Tabla 4).

El análisis mediante ANOVA de dos vías, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, evidenció que el comportamiento de la veracidad varió según la superficie anatómica evaluada y la tecnología de impresión utilizada. En ambos métodos de fabricación, las superficies oclusales – cúspide funcional (FC), cúspide no funcional (NFC) y fosa central (CF) – mostraron mayores valores de desviación, lo que indicó una menor veracidad en estas zonas. Sin embargo, al comparar los resultados entre las tecnologías DLP y LCD, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En contraste, las superficies internas (*intaglio*) y marginales presentaron una mayor veracidad en el grupo LCD, con valores de 30,87 µm y 26,69 µm, respectivamente. E el grupo DLP, los valores obtenidos fueron de 49,35 µm y 43,63 µm para las mismas superficies, observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas tecnologías ($p < 0,05$) (Tabla 5).

En cuanto a la precisión, el análisis mediante ANOVA de dos vías y la prueba de Tukey evidenció diferencias significativas en las superficies intaglio y marginal. El grupo LCD mostró menores valores de desviación estándar, con 28,57 µm y 24,49 µm, respectivamente, frente a los 35,92 µm y 42,35 µm registrados en el grupo DLP ($p < 0,05$). Por otro lado, las superficies oclusales (FC, NFC y CF) presentaron mayores valores de desviación estándar en ambas tecnologías, lo que reflejó una menor precisión. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos DLP y LCD en la cúspide funcional (FC) ni en las superficies axiales (AS) ($p > 0,05$) (Tabla 6).

La figura 2 presenta los mapas de color correspondientes al análisis de la veracidad. Las desviaciones positivas identificadas mediante tonalidades rojas se observaron principalmente en las superficies FC, NFC y CF. En cambio, las superficies axiales (AS), internas (intaglio) y marginales (M) mostraron una mayore presencia de tonalidades verdes, lo que evidencia una menor discrepancia respecto al modelo de referencia.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la exactitud tridimensional de restauraciones provisionales implantosoportadas elaboradas mediante dos tecnologías de fabricación aditiva: procesamiento digital por luz (DLP) y pantalla de cristal líquida (LCD). De manera general, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ente ambas tecnologías, lo que respaldo la hipótesis nula planteada. No obstante, al analizar las distintas superficies anatómicas, se identificaron diferencias puntuales que apoyaron parcialmente la hipótesis alterna. Además, los valores promedio de exactitud obtenidos con ambas tecnologías se situaron dentro del rango clínicamente aceptable de 50 a 100 µm para restauraciones provisiones, según lo reportado por Kim et al. [28] y Alharbi et al. [29].

Al evaluar las restauraciones de acuerdo con sus características anatómicas, las superficies internas (intaglio) y marginales presentaron menores valores de desviación en el grupo LCD. Estos resultados guardan relación con lo señalado por Müller et al. [30], quienes destacaron que factores como la complejidad geométrica de la restauración, la orientación durante la impresión y la necesidad de estructuras de soporte pueden influir en la exactitud de las restauraciones fabricadas mediante tecnologías aditivas. En particular, la superficie intaglio es susceptible a la acumulación de resina y a deformaciones durante el proceso de impresión, especialmente en restauraciones implantosoportadas, donde los pilares prefabricados presentan geometrías complejas y elementos retentivos que dificultan la reproducción precisa de los detalles internos [23].

En el presente estudio, ambas tecnologías fueron sometidas a un proceso de calibración previo a la fabricación definitiva y se confeccionaron restauraciones de prueba para verificar su adaptación sobre el pilar prefabricado. En consecuencia, las diferencias observadas entre los grupos probablemente estén relacionadas con las características propias de cada proceso de fabricación, más que con errores derivados de la calibración o de la verificación del ajuste.

Las superficies oclusales presentaron las mayores desviaciones en ambas tecnologías, resultado que coincide con investigaciones previas [10,23]. En las restauraciones obtenidas mediante fabricación aditiva, estas discrepancias pueden atribuirse, al menos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

en parte, a la presencia y posterior eliminación de las estructuras de soporte, especialmente cuando la superficie oclusal se orienta paralela a la plataforma de impresión, configuración que suele recomendarse para optimizar la exactitud global de la restauración [31]. Aunque la eliminación de los soportes se realizó siguiendo un protocolo estandarizado, los mapas de color representativos mostraron una mayor concentración de desviaciones positivas (zonas rojas) precisamente en las superficies oclusales, lo que sugiere que el proceso de remoción de los soportes pudo haber contribuido a estas alteraciones. Desde el punto de vista clínico, estos resultados indican que podrían requerirse ajustes oclusales durante la instalación de la restauración para obtener contactos adecuados y una adaptación funcional óptima.

Diversas investigaciones han descrito un desempeño favorable de la tecnología DLP en términos de exactitud, atribuido a la polimerización simultanea de cada capa de reisna mediante un proyector de luz LED [1,32]. En cambio, los sistemas LCD emplean una pantalla de cristal líquido que regula el paso de la luz ultravioleta durante la polimerización [33]. Moon et al. [1] y Park et al. [32] obtuvieron resultados favorables con la tecnología DLP; sin embargo, también señalaron que las diferencias frente a los sistemas observación es concordante con los resultados del presente estudio, en el que no se encontraron diferencias significativas entre ambas tecnologías al evaluar restauraciones provisionales unitarias implantosoportadas.

Estos resultados permiten plantear que las posibles ventajas de la tecnología DLP podrían adquirir mayor relevancia en restauraciones de mayor extensión o complejidad geométrica. Por su parte, la tecnología LCD podría constituir una alternativa viable para la elaboración de restauraciones provisionales unitarias, especialmente en contextos donde el costo de los equipos y materiales representa un aspecto importante en la selección del sistema de fabricación. En la presente investigación, ambas tecnologias

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

mostraron valores comparables de veracidad y precisión, dentro de los rangos considerados clínicamente aceptables. No obstante, se observó una mayor variabilidad en las superficies oclusales del grupo LCD, reflejada en valores superiores de desviación estándar, lo que sugiere una menor reproducibilidad en estas regiones. A pesar de ello, esta variabilidad no se tradujo en diferencias significativas en la exactitud global de las restauraciones.

Desde una perspectiva clínica, los resultados indican que tanto DLP como LCD pueden emplearse para la fabricación de restauraciones provisionales unitarias implantosoportadas con una adaptación dimensional aceptable. Esto podría favorecer un adecuado ajusto marginal y oclusal, aspectos relevantes para el mantenimiento de los tejidos periimplantarios y la distribución de las cargas funcionales. Sin embargo, la selección de una u otra tecnología debe considerar factores como el costo, las características del equipo, los materiales empleados y los protocolos de calibración, impresión y posprocesamiento. Asimismo, debido a que el presente estudio se realizó bajo condiciones in vitro, la extrapolación de estos resultados al entorno clínica debe realizarse con cautela.

Otro aspecto que merece consideración es la diferencia entre los sistemas de impresión cerrados (*closed systems*) y abiertos (*open systems*). Los sistemas cerrados ofrecen un mayor control sobre los materiales compatibles y los parámetros de procesamiento, lo que contribuye a una mayor estandarización del flujo de trabajo [34]. Por el contrario, los sistemas abiertos proporcionan una mayor flexibilidad para la selección de materiales y permiten adaptar los procesos de fabricación a las necesidades específicas de cada paciente, ampliando las posibilidades de personalización clínica [16].

Entre las principales fortalezas del presente estudio destaca la comparación de dos tecnologías de fabricación aditiva basadas en fotopolimerización para la confección de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

restauraciones provisionales implantosoportadas. Sin embargo, es importante considerar que diversos factores inherentes al proceso de fabricación, como las características de las impresoras, las resinas utilizadas, el software de laminado, los parámetros de impresión y los protocolos de posprocesamiento, pudieron haber influido en los resultados obtenidos.

El presente estudio también tuvo algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, no se incluyó un grupo control elaborado mediante tecnología sustractiva, la cual ha sido ampliamente utilizada como referencia en la fabricación de restauraciones dentales. Además, las superficies proximales no fueron consideradas en el análisis tridimensional. Si bien ambas tecnologías se calibraron previamente mediante restauraciones de prueba para comprobar su adaptación al pilar prefabricado, no se evaluaron parámetros clínicamente relevantes, como el sellado y la brecha marginal. La incorporación de esta variable habría permitido complementar la evaluación de la exactitud dimensional.

Para la digitalización de más muestras, se utilizó un escáner intraoral con el objetivo de reproducir un flujo de trabajo similar al empleado en la práctica clínica. Sin embargo, la captura de zonas profundas y retentivas de la superficie interna (intaglio) representa una dificultad tanto para los escáneres intraorales como para los extraorales. En los escáneres intraorales, factores como la estrategia de escaneo y la complejidad de las superficies internas pueden influir en la precisión de la digitalización. Para reducir esta posible fuente de variabilidad, todas las muestras fueron escaneadas por un unió operar experimentado, siguiendo un protocolo previamente estandarizado. A pesar de estas medidas, no se puede descartar por completo que el procedimiento de digitalización haya influido en las desviaciones registradas.

Finalmente, los resultados de esta investigación se limitan a restauraciones provisionales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

implantosoportadas de unidad única, por lo que deben interpretarse con cautela al extrapolarlos a rehabilitaciones de múltiples unidades o de arco completo. En este sentido, futuras investigaciones deberían incorporar una mayor variedad de materiales restauradores y tecnologías emergentes de impresión tridimensional, además de evaluar parámetros como la adaptación marginal, el desempeño clínico a largo plazo y la respuesta de los tejidos blandos periimplantarios bajo condiciones clínicas reales.

IV. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio *in vitro*, se establecen las siguientes conclusiones:

1. Las tecnologías de fabricación aditiva DLP y LCD presentaron una exactitud tridimensional comparable para la elaboración de restauraciones provisionales implantosoportadas, con valores que se mantuvieron dentro de los rangos considerados clínicamente aceptables.
2. Las restauraciones fabricadas mediante tecnología LCD mostraron menores desviaciones en las superficies intaglio y marginal en comparación con las obtenidas mediante tecnología DLP, lo que sugiere un mejor comportamiento en regiones críticas para la adaptación de la restauración.
3. La exactitud estuvo influenciada por la superficie anatómica evaluada, observándose mayores desviaciones en las superficies oclusales, mientras que las superficies intaglio y marginal presentaron mejores niveles de veracidad y precisión, especialmente en el grupo LCD.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moon W, Kim S, Lim BS, Park YS, Kim RJY, Chung SH. Dimensional accuracy evaluation of temporary dental restorations with different 3D printing systems. Materials (Basel). 2021;14(6):1245. doi:10.3390/ma14061245.

2. Kadiyala KK, Badisa MK, Anne G, Anche SC, Chiramana S, Muvva SB, et al. Evaluation of flexural strength of thermocycled interim resin materials used in prosthetic rehabilitation: an in-vitro study. J Clin Diagn Res. 2016;10(9):ZC91–ZC95. doi:10.7860/JCDR/2016/21798.8550.

3. Britto VT, Cantelli V, Collares FM, Bertol CD, Della Bona Á. Biomechanical properties of a 3D printing polymer for provisional restorations and artificial teeth. Dent Mater. 2022;38(12):1956–1962. doi:10.1016/j.dental.2022.09.006.

4. Tang K, Luo ML, Zhou W, Niu LN, Chen JH, Wang F. The integration of peri-implant soft tissues around zirconia abutments: challenges and strategies. Bioact Mater. 2023;27:348–361. doi:10.1016/j.bioactmat.2022.12.004.

5. Gallardo YNR, Noriega J, Rodrigues-Olivio I, Sesma N. A digital technique for cloning the emergence profile of the interim to the definitive implant-supported restoration. J Prosthet Dent. 2021;125(3):517–521. doi:10.1016/j.prosdent.2020.03.023.

6. Liu X, Liu J, Mao H, Tan J. A digital technique for replicating peri-implant soft tissue contours and the emergence profile. J Prosthet Dent. 2017;118(3):264–267. doi:10.1016/j.prosdent.2016.11.024.

7. Wang J, Tang Y, Qiu L, Yu H. Influence of buccal emergence profile designs on peri-implant tissues: a randomized controlled trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2022;24(3):329–338.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

8. Wittneben JG, Brägger U, Buser D, Joda T. Volumetric calculation of supraimplant submergence profile after soft tissue conditioning with a provisional restoration. Int J Periodontics Restorative Dent. 2016;36(6):785–790. doi:10.11607/prd.2742.

9. Wittneben JG, Buser D, Belser UC, Brägger U. Peri-implant soft tissue conditioning with provisional restorations in the esthetic zone: the dynamic compression technique. Int J Periodontics Restorative Dent. 2013;33(4):447–455. doi:10.11607/prd.1524.

10. Nima G, Ratzeburg FSG, Manrique Z, Mukai E, Bechtold TE, Gallardo YNR. Accuracy of additive and subtractive methods for interim tooth-supported restorations: An in vitro comparison of occlusal, axial, and intaglio surfaces. J Prosthet Dent. 2025 Aug;134(2):408.e1-408.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2025.04.006.

11.Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. Dent Mater. 2018;34(2):192–200. doi:10.1016/j.dental.2017.10.003.

12. Diken AA, Baytur S. Color stability, surface roughness and flexural strength of additively manufactured and milled interim restorative materials after aging. Odontology. 2023;111(3):680–686. doi:10.1007/s10266-023-00746-0.

13. Atria PJ, Bordin D, Marti F, Nayak VV, Conejo J, Benalcázar Jalkh J, et al. 3D-printed resins for provisional dental restorations: comparison of mechanical and biological properties. J Esthet Restor Dent. 2022;34(5):804–815. doi:10.1111/jerd.12891.

14. Acharya A, Chodankar RN, Patil R, Patil AG. Assessment of knowledge, awareness, and practices toward the use of 3D printing in dentistry among dental practitioners and dental technicians: a cross-sectional study. J Oral Biol Craniofac Res. 2023;13(2):253–258. doi:10.1016/j.jobcr.2023.01.009.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

15. Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM. Comparison of flexural properties and cytotoxicity of interim materials printed from mono-LCD and DLP 3D printers. J Prosthet Dent. 2021;126(5):678.e1–678.e6. doi:10.1016/j.prosdent.2021.01.019.

16. Tian Y, Chen CX, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A review of 3D printing in dentistry: technologies, affecting factors, and applications. Scanning. 2021;2021:9950131. doi:10.1155/2021/9950131.

17. Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: a literature-based review. J Oral Biol Craniofac Res. 2019;9(3):179–185. doi:10.1016/j.jobcr.2019.06.006.

18. Revilla-León M, Besné-Torre A, Sánchez-Rubio JL, Fábrega JJ, Özcan M. Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: a clinical report. J Prosthet Dent. 2019;121(1):3–8. doi:10.1016/j.prosdent.2018.03.003.

19. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. J Prosthet Dent. 2022;127(4):661.e1–661.e7. doi:10.1016/j.prosdent.2021.04.021.

20. Ellakany P, Al-Harbi F, El Tantawi M, Mohsen CA. Evaluation of the accuracy of digital and 3D-printed casts compared with conventional stone casts. J Prosthet Dent. 2022;127(4):636–643. doi:10.1016/j.prosdent.2021.04.020.

21. Zhang M, Ho DKL, Pelekos G, Fok MR. Clinical performance of implant-supported single hybrid abutment crown restoration: A systematic review and meta-analysis. J Prosthodont Res 2024;68:63-77. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00279.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

22. Sarafidou K, Vasileiadi G, Louvrou MK, Moldovani E, Koidis P, Kokoti M, et al. Screwmentable implant-supported prostheses: A systematic review. J Prosthet Dent 2023;130:35-47. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.08.027.

23. Gallardo YNR, Ratzeburg FSG, Nima G, Noriega J, Calle-Chavez R, Bechtold TE, Beuer F, Sukotjo C. Accuracy of implant-supported crowns fabricated by additive and subtractive manufacturing technologies using ceramic-filled resins: An in vitro study. J Prosthet Dent. 2026 Feb 9:S0022-3913(26)00039-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2026.01.008.

24. Ochoa-López G, Cascos R, Antonaya-Martín JL, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Influence of ambient light conditions on the accuracy and scanning time of seven intraoral scanners in complete-arch implant scans. J Dent. 2022;121:104138.

25. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Pérez-Barquero JA, Att W, et al. Influence of ambient moisture changes on intraoral scanning accuracy. J Prosthet Dent. 2023;130(5):755–760. doi:10.1016/j.prosdent.2022.01.012.

26. Revilla-León M, Cascos-Sánchez R, Barmak AB, Kois JC, Gómez-Polo M. The effect of different tooth preparation finishing procedures and immediate dentin sealing on the scanning accuracy of different intraoral scanners. J Dent. 2023;130:104431.

27. International Organization for Standardization. ISO 5725-1:2023. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Geneva: ISO; 2023.

28. Kim SY, Shin YS, Jung HD, Hwang CJ, Baik HS, Cha JY. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;153(1):144–153. doi:10.1016/j.ajodo.2017.05.019.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

29. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Effects of build direction on the accuracy of 3D-printed full-coverage dental restorations. J Prosthet Dent. 2017;117(5):792–799. doi:10.1016/j.prosdent.2016.09.008.

30. Müller P, Zehnder M, Zaugg L, Wiedemeier DB, Stadlinger B. Influence of print orientation on the accuracy of 3D-printed dental restorations. J Dent Res. 2016;95(12):1460–1465. doi:10.1177/0022034516669584.

31. Revilla-León M, Supaphakorn A, Barmak AB, Rutkunas V, Kois JC. Influence of print orientation on the intaglio surface accuracy (trueness and precision) of tilting stereolithography definitive resin-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2020;124(4):472–478. doi:10.1016/j.prosdent.2019.10.009.

32. Park ME, Shin SY. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. J Prosthet Dent. 2018;119(5):861.e1–861.e7. doi:10.1016/j.prosdent.2017.09.010.

33. Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R. An overview on 3D printing technology: technological, materials, and applications. Procedia Manuf. 2019;35:1286–1296. doi:10.1016/j.promfg.2019.06.089.

34. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and applications of 3D printing technology in dentistry: an overview. J Dent. 2024;139:105031. doi:10.1016/j.jdent.2024.105031.

35. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. J Prosthet Dent. 2017;118(5):617–623. doi:10.1016/j.prosdent.2016.12.025.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VI. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál es la diferencia de la exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes comparando dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies?	Objetivo general Comparar la exactitud in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies.	Hipótesis nula: No existirían diferencias significativas en la exactitud entre ambas técnicas de impresión Hipótesis alternativa: Podrían observarse diferencias en la exactitud según las seis superficies analizadas	Diseño de investigación: Experimental in vitro, retrospectivo, transversal, correlacional. Población: Impresiones 3D de coronas provisionales Muestra: 20 impresiones 3D de coronas provisionales Muestreo: Corona provisional impresa 3D Técnicas: Software de metrología Geomagic Control X.
Problemas específicos	Objetivos específicos		
1. ¿Cuál es la veracidad in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes comparando dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies?	1. Determinar la veracidad in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies		
2. ¿Cuál es la precisión in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes comparando dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies?	2. Identificar la precisión in vitro de restauraciones provisionales sobre implantes de dos métodos de fabricación aditiva y seis superficies		

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 2. Tabla de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores	Tipo de Variable	Escala de medición	Valores
Método de fabricación	Equipo que fabrica un objeto diseñado por computadora	Tecnología de impresión	Equipo que fabrica el STL de la corona diseñada	Marca comercial – tecnología utilizada DLP/LCD	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Impresión DLP: Pro S55 Impresión LCD: Phrozen mini 8K S
Superficie anatómica	Superficie del provisional	-	Superficie evaluada	Región evaluada	Cualitativa Politómica	Nominal	FC, NFC, CF, AS, Intaglio, Marginal
Exactitud dimensional de restauraciones temporales	Grado de similitud del objeto real con el objeto obtenido	Veracidad Precisión	Grado de similitud del STL del diseño digital con el objeto fabricado y entre cada grupo por CAD-CAM	Desvío del análisis 3D	Cuantitativa continua	De razón	Micrómetros (µm)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INSTRUMENTOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN Y DEMÁS INFORMACIÓN DE UTILIDAD

Leyenda de figuras



Figure 1. Visualization of 6 regions selected for 3D comparison. Functional cusp (FC), nonfunctional cusp (NFC), central fossa (CF), axial surfaces (AS), intaglio (I) and marginal (M).

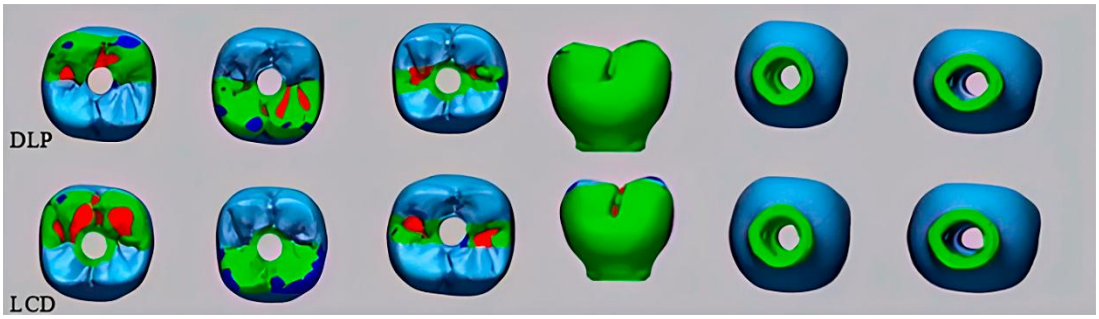
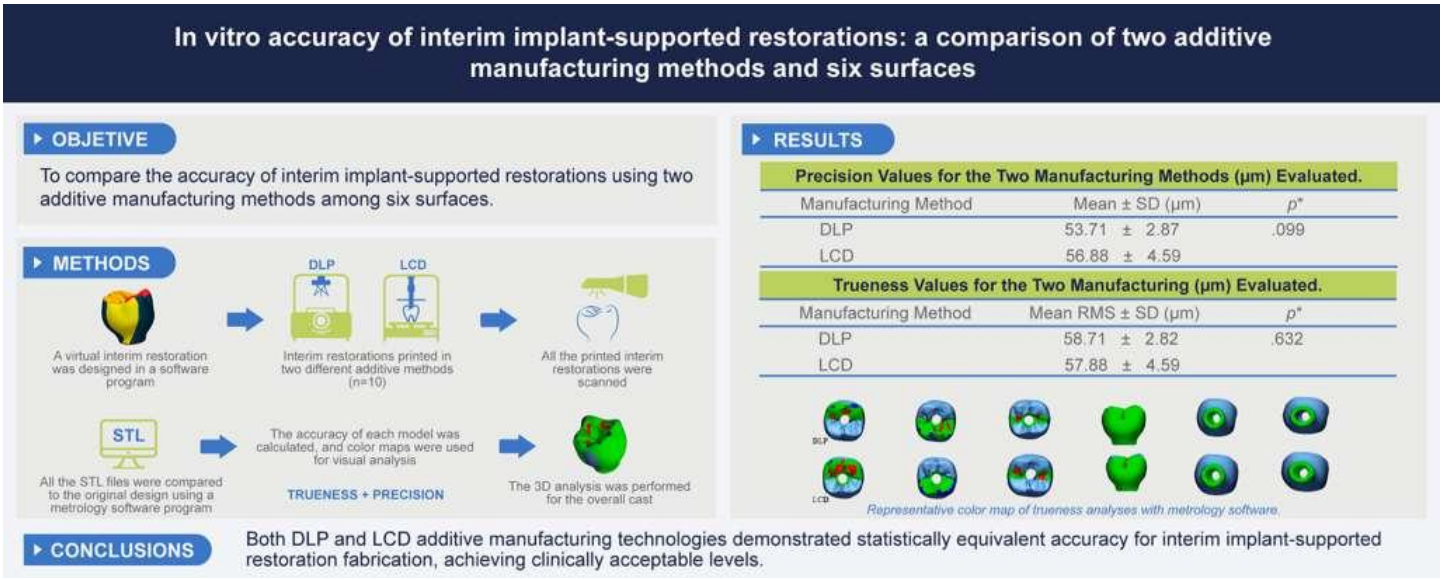


Figure 2. Representative color map for qualitative trueness analysis generated using metrology software. Blue indicates negative discrepancies (-100 µm); green, indicates minimal or no deviation; and red, positive discrepancies (+100 µm). LCD: liquid crystal display, DLP: digital light projection.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN GRÁFICO



LEYENDA DE TABLAS

Table 1. Technical Specifications of 3D Printing Systems.

Name	SprintRay ProS 55	Phrozen Mini 8K S
Manufacturer	SprintRay Inc.	Phrozen Technology
Country	USA	Taiwan
Technology	DLP (Digital Light Processing)	LCD (Liquid Crystal Display)
Resolution XY	55 µm	22 µm
Layer Height	10-300 µm	10-300 µm
Screen/Projector	DLP Projector	7.1” 8K Mono LCD
Light Source	405nm LED	405 nm LED
Build Platform	Aluminum with FEP film	Aluminum with crystal coating
Software	SprintRay Cloud	CHITUBOX
Print Speed	20-60 mm/hour	30-50 mm/hour
Resin Compatibility	SprintRay resins + compatible	Standard 405 nm resins

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Table 2. Composition materials used in different manufacturing methods.

Manufacturing Method	Material (Manufacturer)	Composition
DLP	VarseoSmile Temp (BEGO GmbH & Co. KG)	esterification products of 4,40-isopropylidenediphenol, ethoxylated, and 2-methylprop-2-enoic acid diphenyl(2,4,6-trimethybenzoyl) phosphine oxide
LCD	Prizma Bio Prov (NextDent)	bisphenol A glycerolate dimethacrylate and urethane dimethacrylate-based matrix with triethylene crystaldimethacrylate and silanized silica-barium glass fillers

DLP, digital light projection; LCD, liquid crystal display

Table 3. Trueness Values for the Two Manufacturing Methods (µm) Evaluated.

Manufacturing Method	Mean RMS ±SD (µm)	*p**
DLP	58.71 ± 2.82	.632
LCD	57.88 ± 4.59	

DLP, digital light projection; LCD, liquid crystal display; RMS, root mean square; SD, standard deviation.

* Student t test

Table 4. Precision Values for the Two Manufacturing Methods (µm) Evaluated.

Manufacturing Method	Mean ±SD	*p**
DLP	53.71 ± 2.87	.099
LCD	56.88 ± 4.59	

DLP, digital light projection; LCD, liquid crystal display; SD, standard deviation.

* Student t test

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Table 5. Trueness Values for Two Manufacturing Methods Among the Six Surfaces Analyzed (μm)

Manufacturing Method	Surface					
	FC	NFC	CF	AS	I	M
DLP	75.56 ± 1.99 Aa	80.77 ± 4.76 Aa	89.08 ± 7.62 Aa	53.85 ± 8.03 Ab	49.35 ± 6.60 Ab	43.63 ± 6.55 Ab
LCD	78.6 ± 23.76 Aa	107.6 ± 48.80 Aa	90.32 ± 11.74 Aa	52.16 ± 4.00 Ab	30.87 ± 3.45 Bc	26.69 ± 3.56 Bc

DLP, digital light projection; LCD, liquid crystal display; FC, functional cusp; NFC, nonfunctional cups; CF, central fossa; AS, axial surface; I, intaglio; M, marginal; RMS, root mean square; SD, standard deviation. Values are expressed as mean ± standard deviation.

Uppercase letters (A, B) in each column indicate significant differences between DLP and LCD for that surface (P <0 .05, Tukey post hoc test). Lowercase letters (a, b, c) in each row indicate homogeneous groups according to two-way ANOVA with Tukey post hoc test; surfaces sharing the same letter are not significantly different (P > .05), while those with different letters are significantly different (P < .05). For DLP, group "a" includes FC, NFC, and CF, and group "b" includes AS, I, and M. For LCD, group "a" includes FC, NFC, and CF, group "b" includes AS, and group "c" includes I and M.

Table 6. Precision Values for the Two Manufacturing Methods Among the Six Surfaces Analyzed (μm).

Manufacturing Method	Surface					
	FC	NFC	CF	AS	I	M
DLP	75.33 ± 1.98 Aa	76.69 ± 5.36 Aa	85.65 ± 5.74 Ab	32.48 ± 3.15 Ac	35.92 ± 3.78 Ad	42.35 ± 6.88 Ae
LCD	73.39 ± 17.19 Aa	96.14 ± 35.52 Ab	76.16 ± 7.72 Ab	31.65 ± 3.04 Ac	28.57 ± 3.48 Bc	24.49 ± 4.08 Bc

DLP, digital light projection; LCD, liquid crystal display; FC, functional cusp; NFC, nonfunctional cups; CF, central fossa; AS, axial surface; I, intaglio; M, marginal.

Uppercase letters (A, B) in each column indicate a significant difference between DLP and LCD for that surface ($p < 0.05$, Tukey post hoc test). Lowercase letters (a, b, c, d, e.) in each row indicate homogeneous groups according to two-way ANOVA with Tukey post-hoc test; surfaces sharing the same letter are not significantly different from each other ($p > 0.05$), while those with different letters are significantly different ($p < 0.05$). For DLP, group "a" includes FC and NFC, group "b" includes CF, group "c" includes AS, group "d" includes I, and group "e" includes M. For LCD, group "a" includes FC and CF, group "b" includes NFC, and group "c" includes AS, I, and M.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

COPIA DE CARTAS DE RESPUESTA A LAS OBSERVACIONES DE LOS REVISORES DE LA REVISTA BMC ORAL HEALTH

CARTA DE RESPUESTA A LOS OBSERVADORES DE LOS REVISORES

Revisor 1:

Observación 1: Resumen

- La sección de resultados del resumen debe incluir los valores RMS reales, no solo los valores p.

- La conclusión afirma que el LCD es más favorable, pero la veracidad general no mostró diferencias significativas; por tanto, dicha afirmación debería matizarse.

Respuesta 1: Gracias por esta importante observación. Se ha revisado el resumen para incluir los valores RMS reales tanto de veracidad como de precisión, y se ha matizado la conclusión para reflejar que las diferencias eran específicas de la superficie y no de carácter general.

Observación 2: Introducción

- La introducción es demasiado general respecto a la impresión 3D y no se centra lo suficiente en las restauraciones provisionales sobre implantes, la precisión marginal e interna (intaglio) y las diferencias entre DLP y LCD.

- No se expone claramente la novedad del estudio.

Respuesta 2: Se ha revisado la introducción para centrarse más específicamente en las restauraciones provisionales soportadas por implantes, haciendo hincapié en la importancia de la adaptación marginal y de la superficie interna (intaglio), así como en las diferencias entre las tecnologías DLP y LCD. Asimismo, se ha clarificado la novedad de este estudio al destacar la evaluación de la precisión específica de la superficie en restauraciones fabricadas sobre pilares prefabricados con geometrías de retención complejas, las cuales pueden plantear desafíos adicionales para la fabricación aditiva.

Observación 3: Materiales y métodos

- El estudio no se limitó a comparar la tecnología de impresión, sino que comparó flujos de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

trabajo completos, ya que la resina, el software de laminado (slicing) y el posprocesamiento fueron diferentes. Esta es la limitación más importante y debe reconocerse claramente.

- Se deben incluir parámetros tales como la orientación de impresión, el número de restauraciones por plataforma de impresión, los protocolos de poscurado y el uso de estructuras de soporte.

- Es necesaria una justificación de por qué se utilizaron escáneres intraorales en lugar de escáneres de sobremesa para digitalizar las muestras, dado que los escáneres intraorales pueden introducir imprecisiones en el escaneo.

- Por favor, especifique el área de alineación: si corresponde a la corona completa o a una zona lateral específica.

- Análisis estadístico

- El diseño del estudio incluye dos factores (métodos de impresión y superficies); por tanto, resulta más apropiado utilizar un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (métodos × superficie).

Respuesta 3: Coincidimos en que el presente estudio comparó flujos de trabajo completos de fabricación aditiva en lugar de limitarse únicamente a las tecnologías de impresión. Además de los sistemas de impresión, las diferencias en los materiales de resina, el software de laminado (*slicing*) y los protocolos de posprocesamiento pueden haber influido en los resultados. Hemos modificado el último párrafo de la sección de Discusión para reconocer explícitamente este aspecto como una limitación importante del estudio y aclarar que las diferencias observadas no pueden atribuirse exclusivamente a la tecnología de impresión.

- Hemos revisado la sección de Materiales y Métodos para incluir detalles adicionales sobre el flujo de trabajo de impresión, incluyendo la orientación de la impresión, el número de restauraciones fabricadas por ciclo de impresión, la ubicación de las estructuras de soporte y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

los protocolos de posprocesamiento para ambos métodos de fabricación.

- Se optó por un escáner intraoral debido a que la geometría profunda y retentiva de la superficie interna (*intaglio*) de las restauraciones soportadas por implantes sigue representando un desafío para la digitalización con escáneres extraorales. Reconocemos que los escáneres intraorales dependen del operador y que la estrategia de escaneado puede introducir desviaciones adicionales. Para minimizar esta fuente de variabilidad, todas las muestras fueron escaneadas siguiendo un protocolo estandarizado, a cargo del mismo operador experimentado y bajo condiciones normalizadas.

- Hemos revisado la sección de Materiales y Métodos para aclarar el procedimiento de alineación. El manuscrito especifica ahora que la alineación de mejor ajuste (*best-fit*) se realizó únicamente sobre las seis regiones anatómicas seleccionadas para la evaluación (cúspide funcional, cúspide no funcional, fosa central, superficies axiales, superficie interna y superficies marginales), en lugar de sobre la geometría completa de la corona.

- Agradecemos al revisor esta valiosa sugerencia. Coincidimos en que un diseño de dos factores se analiza de manera más adecuada mediante un ANOVA de dos vías. En consecuencia, hemos vuelto a analizar los datos utilizando un ANOVA de dos vías, seguido de la prueba *post hoc* de Tukey para comparaciones múltiples. Las secciones de Materiales y Métodos y Resultados, así como las tablas correspondientes (Tablas 5 y 6), han sido revisadas para reflejar este enfoque estadístico.

Observación 4: Resultados

- El grupo LCD presentó un valor elevado de desviación estándar en las superficies oclusales, lo que indica una gran variabilidad. Este aspecto debería incluirse en la discusión.

Respuesta 4: Hemos ampliado la sección de Discusión para abordar la mayor variabilidad observada en el grupo LCD en las superficies oclusales. El texto revisado reconoce que el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

grupo LCD presentó valores de desviación estándar más elevados en dichas regiones, lo que indica una menor reproducibilidad, al tiempo que mantuvo una veracidad y precisión globales comparables.

Observación 5: Discusión

- Los autores atribuyen el resultado a la tecnología; sin embargo, otros factores pueden haber contribuido al mismo (p. ej., resina, resolución, posprocesamiento, orientación, etc.).
- Se describe la tecnología LCD como más favorable, pero, en general, los valores de RMS no mostraron diferencias. Por favor, revise este punto.
- Las limitaciones también deberían incluir las diferentes impresoras y materiales utilizados, el error de escaneado intraoral (IOS), la falta de evaluación de la orientación de impresión, el tamaño reducido de la muestra y el hecho de que solo se evaluaron restauraciones unitarias.

Respuesta 5: Coincidimos en que las diferencias observadas no pueden atribuirse exclusivamente a la tecnología de impresión, ya que otros factores —como el material de resina, la resolución de la impresora, el software de laminado, la orientación de impresión, los parámetros de impresión y los protocolos de posprocesamiento— pueden haber influido en los resultados. Por ello, hemos reconocido explícitamente este aspecto como una limitación en el último párrafo de la sección de Discusión.

- Coincidimos en que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos DLP y LCD al considerar los valores RMS globales. Sin embargo, el análisis específico por zonas reveló desviaciones significativamente menores en el grupo LCD en las regiones interna (intaglio) y marginal, las cuales son críticas para la adaptación de la restauración. Para evitar interpretaciones excesivas, hemos revisado el Resumen, la Discusión y la Conclusión a fin de distinguir claramente entre la precisión global comparable de ambos métodos de fabricación y las diferencias específicas por zona observadas en las

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

superficies interna y marginal.

- Hemos ampliado la sección de limitaciones de la Discusión para abordar estos puntos.

Revisor 2:

Observación 1: En la metodología, existe mucha más información sobre la resina NextDent que sobre el material VarseoSmile. ¿Podrían los autores proporcionar información equivalente para ambos materiales? ¿Cuáles son las recomendaciones del fabricante para VarseoSmile en cuanto a parámetros de impresión, posprocesamiento, lavado y curado? ¿Cuál fue el tiempo de impresión? ¿Qué líquido de lavado se utilizó? ¿Qué equipos de lavado y curado se emplearon?

Respuesta 1: La resina VarseoSmile Temp se procesó utilizando el sistema SprintRay Pro S55, el cual consiste en un flujo de trabajo de fabricación cerrado en el que los parámetros de impresión están predefinidos por el fabricante y se gestionan mediante el software propietario RayWare. Por consiguiente, no se dispone de parámetros de impresión detallados ajustables por el usuario en la misma medida que en los sistemas LCD abiertos. No obstante, hemos ampliado la sección de Materiales y métodos para ofrecer detalles adicionales sobre el flujo de trabajo DLP.

Observación 2: El párrafo que describe el grupo LCD resulta confuso. ¿Podrían los autores revisar esta sección para mejorar su claridad? Asimismo, ¿quién llevó a cabo los procedimientos de pulido en este grupo y se estandarizaron también dichos procedimientos?

Respuesta 2: Hemos revisado la sección de Materiales y Métodos para mejorar la claridad y la organización del flujo de trabajo de fabricación de las LCD. Asimismo, los procedimientos de pulido y acabado se separaron en un párrafo independiente, común a ambos métodos de fabricación. También aclaramos que todos los procedimientos de acabado y pulido fueron

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

realizados por el mismo operador experimentado (RMLV), siguiendo un protocolo estandarizado para garantizar la consistencia entre los grupos.

Observación 3: La Figura 1 no parece aportar información significativa al manuscrito en su forma actual. Las imágenes no están estandarizadas y las muestras están colocadas con diferentes ángulos, lo que limita su utilidad para demostrar diferencias entre los grupos. ¿Podrían los autores considerar eliminar esta figura o sustituirla por una imagen más estandarizada e informativa?

Respuesta 3: Estamos de acuerdo. Se ha eliminado la Figura 1.

Observación 4: Las regiones I y M parecen presentar mayores discrepancias; sin embargo, el mapa de colores muestra predominantemente zonas verdes. ¿Podrían los autores explicar esta aparente inconsistencia entre los resultados cuantitativos y el mapa de colores visual?

Respuesta 4: El mapa de colores presentado en la Figura 2 corresponde a una muestra representativa y se incluyó para permitir una visualización cualitativa de los patrones de desviación. Por el contrario, los resultados cuantitativos de veracidad y precisión se obtuvieron mediante el análisis de todas las muestras de cada grupo y representan valores medios de RMS con sus correspondientes comparaciones estadísticas. Así, las áreas predominantemente verdes del mapa de colores representativo indican desviaciones generalmente bajas dentro del umbral seleccionado (0,1 mm), mientras que el análisis cuantitativo resultó lo suficientemente sensible como para detectar diferencias estadísticamente significativas en regiones específicas, particularmente en las superficies internas (intaglio) y marginales. Para mayor claridad, se ha añadido esta explicación al manuscrito y se ha modificado el pie de figura para resaltar que la imagen representa una única muestra.

Observación 5: ¿A qué se deben las mayores discrepancias observadas en estas zonas?

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

¿Puede esto atribuirse realmente a una limitación de la impresora, o podría estar relacionado con la técnica de escaneado? ¿Se utilizó algún método de medición adicional para evaluar la superficie interna? Durante el escaneado, ¿comenzaron los autores por la superficie oclusal para luego escanear la superficie interna (intaglio), o se escaneó primero esta última? ¿Podría la secuencia de escaneado haber influido en la evaluación? Estos aspectos deberían abordarse con mayor claridad en el manuscrito.

Respuesta 5: Las mayores desviaciones observadas en las zonas internas y marginales pueden verse influidas por múltiples factores y no pueden atribuirse exclusivamente a las limitaciones de la tecnología de impresión. La compleja geometría y las características de retención de los pilares prefabricados pueden aumentar la susceptibilidad a desviaciones dimensionales durante la fabricación. Además, la estrategia de escaneado puede haber influido en las mediciones obtenidas en estas zonas. Se utilizó un protocolo de escaneado estandarizado para todas las muestras, comenzando por las superficies oclusales, continuando con las superficies axiales y finalizando con la zona interna. Aunque se mantuvo esta secuencia para garantizar la coherencia, se reconoce que la captura de superficies internas profundas o geométricamente complejas con un escáner intraoral puede introducir desviaciones adicionales. No se utilizó ningún método de medición complementario para evaluar las superficies internas, ya que se optó por el escaneado intraoral para simular un flujo de trabajo clínicamente relevante. Esta posible influencia del escaneado en la evaluación se ha incorporado a las secciones de Discusión y Limitaciones.

Observación 6: ¿Se probaron las restauraciones impresas sobre pilares reales? ¿Ajustaron correctamente? ¿Se evaluó el sellado marginal clínica o experimentalmente? Aclarar si las restauraciones asentaron adecuadamente y si los márgenes quedaron cerrados reforzaría la relevancia clínica de los hallazgos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Respuesta 6: Antes de la fabricación definitiva de las muestras, ambos sistemas de fabricación aditiva se calibraron mediante la producción de restauraciones de prueba para verificar la adaptación y el asentamiento sobre el pilar prefabricado. Las restauraciones mostraron un ajuste adecuado durante este proceso de calibración. No obstante, no se llevó a cabo una evaluación formal del sellado marginal ni mediciones de la brecha marginal, ya que el objetivo principal del presente estudio era comparar la precisión superficial de restauraciones provisionales soportadas por implantes fabricadas mediante dos tecnologías de fabricación aditiva. Reconocemos que la adaptación y el sellado marginales son parámetros clínicamente relevantes y constituyen un área importante para futuras investigaciones. Esta limitación se ha incluido en la sección de Discusión.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ESPACIO PARA LA EVIDENCIA DE ENVÍO A REVISTA O CARTA DE ACEPTACIÓN DE SER EL CASO

BMC Oral Health: Decision on "In vitro accuracy of interim implant restorations: a comparison of two additive manufacturing methods and six surfaces" Recibidos ×

BMC Oral Health <do-not-reply@springernature.com> jue, 16 jul, 23:50 (hace 2 días)
para mí

Dear Dr Laguna Vargas,

Re: "In vitro accuracy of interim implant restorations: a comparison of two additive manufacturing methods and six surfaces"

We are delighted to let you know that the above submission, which you co-authored, has been accepted for publication in BMC Oral Health.

Please contact the corresponding author if you would like further details on this decision, including any reviewer feedback.

Thank you for choosing BMC Oral Health and we look forward to publishing your article.

Kind regards,

Editorial Assistant
BMC Oral Health

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ESPACIO PARA RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS Y NOMBRAMIENTO DEL ASESOR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE LA CARRERA DE ESTOMATOLOGÍA

Nº 112-POSG-DACE-DAFCS-U-CIENTÍFICA-2024

Lima, 27 de agosto del 2024

VISTO:

La solicitud de el/la tesista, asesor/a y la evaluación del Responsable de Investigación de la Carrera de Estomatología y de acuerdo a la RESOLUCIÓN DIRECTORAL No. 008-DGIDI-CIENTIFICA-2023 sobre Normas de precisiones de exoneración del Comité de Ética. Se aprueba el registro **Nº POS-53-2024-00563** del proyecto de Tesis Titulado: **"COMPARACIÓN DE LA EXACTITUD TRIDIMENSIONAL DE RESTAURACIONES TEMPORALES SOBRE IMPLANTES DENTALES FABRICADAS CON DOS SISTEMAS DE IMPRESIÓN 3D"** presentado por **LAGUNA VARGAS, RENZO MARTIN**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de posgrado para obtener el Grado Académico de Maestro en **ESTOMATOLOGÍA** en la Carrera de Estomatología de la Universidad Científica del Sur, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo con la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Decano Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

ART. 1°: APROBAR E INSCRIBIR el Proyecto de Tesis titulado: **"COMPARACIÓN DE LA EXACTITUD TRIDIMENSIONAL DE RESTAURACIONES TEMPORALES SOBRE IMPLANTES DENTALES FABRICADAS CON DOS SISTEMAS DE IMPRESIÓN 3D"** de la **CD. LAGUNA VARGAS, RENZO MARTIN** con registro: **Nº POS-53-2024-00563** y establecer la vigencia de aprobación de este documento de dieciocho (18) meses (hasta el 28 de febrero del 2026), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto de investigación.

ART. 2°: NOMBRAR Asesor/a del trabajo de tesis señalado, al **Dra. Esp. YOLANDA NATALI RAICO GALLARDO.**

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dr. Claudio Peña Soto

Decano de la Carrera de Estomatología

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis